

УДК 621.951.72

А. А. Оргиян, А. М. Голобородько, Л. М. Перпери, В. П. Гугнин
СТАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ
КОНИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ

В данной статье описано модель устойчивости процесса резания в статическом режиме конических отверстий при широколезвийной обработке и проведен ее расчет.

Ключевые слова: конический отверстие, широколезвийная обработка, статическая модель

Рис. 2. Лит. 4.

А. А. Оргиян, А. М. Голобородько, Л. М. Перпери, В. П. Гугнин
СТАТИЧНА МОДЕЛЬ СТІЙКОСТІ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ КОНІЧНИХ
ОТВОРІВ

В даній статті описано модель стійкості процесу різання в статичному режимі конічних отворів при широколезвийній обробці та проведено її розрахунок.

Ключові слова: конічний отвір, широколезвийна обробка, статична модель

A. Orhiyan, A. Goloborodko, L. Perperi, V. Gugnin
STATIC MODEL OF STABILITY OF CUTTING PRECISION TAPERED BORE

This paper describes a model of stability in the cutting process static conical holes in shyrokoalezviyniy processing and held its calculation.

Keywords: conical hole shyrokoalezviyna processing, static model

Введение. В разных отраслях машиностроения получили широкое распространение конические соединения, служащие для передачи крутящих моментов, центрирования соединяемых деталей, регулирования в процессе сборки величины зазора или натяга путем взаимных осевых смещений соединений и уплотнения стыков. Неподвижные конические соединения позволяют осуществлять самоцентрирование, регулирование натяга, быстрое закрепление и освобождение, подвижные соединения – компенсацию износа. Различие конусностей отверстия и вала в неподвижных соединениях приводит к повышенным локальным давлениям, нарушению соосности и уменьшению нагрузочной способности. По экспериментальным данным величина максимального крутящего момента, передаваемая за счет трения, уменьшается примерно на 4 % на 1 угловую минуту разности углов конуса вала и отверстия (в пределах первых 10 минут) [1, 2]. Поэтому одной из важных задач обеспечения качества конических соединений является изготовление точных конических отверстий.

Постановка задачи. Прогрессивным методом обработки прецизионных конических отверстий является способ обработки с использованием инструмента одностороннего резания [3, 4]. Конструкция предлагаемой развертки представлена на рисунке 1. Широколезвийная коническая развертка одностороннего резания содержит корпус 1, в котором установлены рабочие элементы: режущая пластина 2 и два направляющих элемента опорный 3 и боковой 4. Режущая пластина 2 зажимается прихватом 5, дифференциальным винтом 6. Настройку на размер режущей пластины 2 в радиальном направлении осуществляют с помощью регулировочных винтов 7 и толкателей 8, расположенных в радиальных отверстиях корпуса 1.

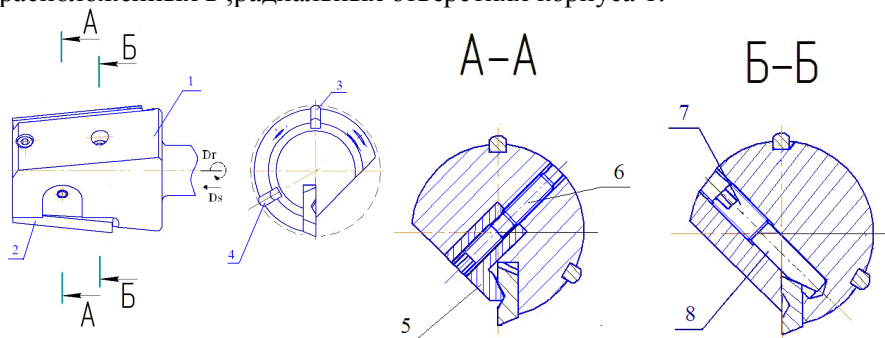


Рис. 1. Широколезвийная коническая развертка одностороннего резания

Для повышения точности изготовления этих отверстий следует обеспечить одинаковый допуск в любом поперечном сечении конического отверстия, определяющего положение двух сопряженных конических поверхностей. Обеспечение одинаковой величины допуска в поперечном сечении связано с вопросами точности базирования инструмента по обрабатываемой поверхности. Немаловажное значение при этом имеет увод оси инструмента. Модели увода оси инструмента бывают статическими и динамическими с учетом упругих деформаций технологической системы.

Цель работы. Целью работы является разработка статической модели устойчивости процесса резания путем определения точности базирования широколезвийной развертки по поверхности конического отверстия на основе изучения влияния разных условий обработки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить условия обработки, влияющие на точность базирования широколезвийной развертки по поверхности конического отверстия;
- определить модель увода оси инструмента за один оборот заготовки;
- определить влияние конструктивных геометрических параметров широколезвийных конических разверток на точность обрабатываемых отверстий.

Основная часть. Элементарные модели увода оси инструмента за один оборот определяют влияние одного какого-то фактора, в условиях действия какой-то одной причины этого увода [4]. Рассмотрим подробнее факторы, влияющие на точность обработки конических отверстий: 1) жесткость инструмента; 2) неоднородность обрабатываемого материала; 3) неравномерность снимаемого припуска; 4) неравномерный износ режущего элемента вследствие неравномерно снимаемого припуска; 5) взаимное угловое расположение режущего и направляющих элементов. Как видно из вышеперечисленного выделение одного какого-то фактора, оказывающего влияние на увод оси инструмента, исключая остальные одновременно действующие факторы, не позволяет дать качественную и количественную оценку статической устойчивости.

Статическая модель увода оси не учитывает динамические явления, возникающие в процессе обработки, а определяет кинематические возмущения в процессе базирования рабочих элементов инструмента по поверхности отверстия. Проанализируем подробнее статическую модель увода оси широколезвийной конической развертки одностороннего резания. Математическую модель увода рассмотрим для расчетно-графической схемы упругой системы. Примем следующие допущения: расчетно-графическая схема – плоская система в плоскости YOZ, перпендикулярной к оси X инструмента. На рисунке 2 представлена расчетно-графическая схема по силовому возмущению широколезвийной развертки (поз. а), по кинематическому возмущению (поз. б).

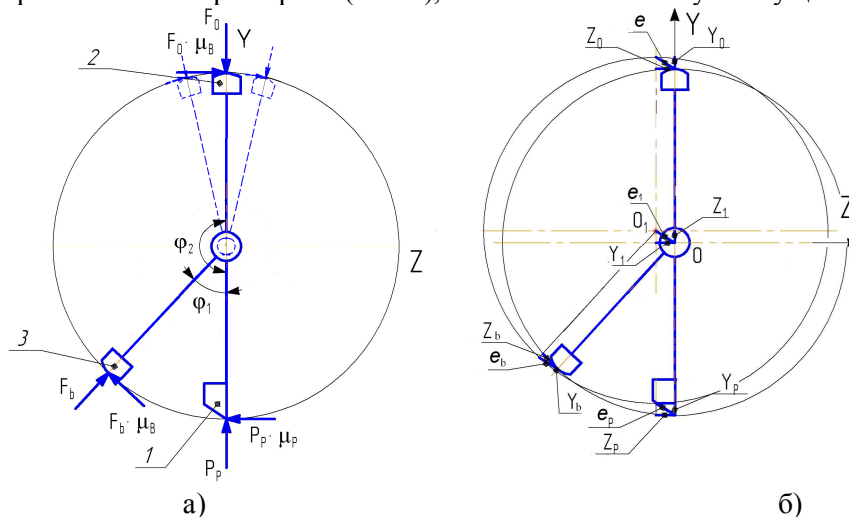


Рис. 2. Расчетно-графическая схема по силовому возмущению (а) и кинематическому возмущению (б) широколезвийной развертки

Статическое равновесие развертки одностороннего резания по силовому возмущению определяют системой уравнений относительно осей Y и Z:

$$\begin{cases} P_p + F_b \cdot (\cos \varphi_1 + \mu_b \sin \varphi_1) + F_o \cdot (\cos \varphi_2 + \mu_b \sin \varphi_2) = 0 \\ -\mu_p P_p + F_b \cdot (\sin \varphi_1 - \mu_b \cos \varphi_1) + F_o \cdot (\sin \varphi_2 - \mu_b \cos \varphi_2) = 0 \end{cases}$$

где $P_p, P_{p\mu_p}$ – проекции силы резания на оси Y и Z , действующей на режущую пластину соответственно;

$F_b, F_{b\mu_b}, F_o, F_{o\mu_o}$ – проекции сил на оси Y и Z , действующих на боковой и опорный направляющие элементы соответственно;

μ_p, μ_b – коэффициенты трения между режущей пластиной, направляющими элементами с поверхностью отверстия соответственно;

φ_1 – угол между режущей пластиной и боковым направляющим элементом;

φ_2 – угол между режущей пластиной и опорным направляющим элементом.

Значения сил F_b, F_o , действующих на боковой и опорный направляющие элементы соответственно, можно определить по формулам:

$$F_b = \frac{-P_p - F_o \cdot B}{A};$$

$$F_o = \frac{P_p \cdot (\mu_p \cdot A + C)}{D \cdot A - B \cdot C},$$

где $A = (\cos\varphi_1 + \mu_b \sin\varphi_1); B = (\cos\varphi_2 + \mu_b \sin\varphi_2);$
 $C = (\sin\varphi_1 - \mu_b \cos\varphi_1); D = (\sin\varphi_2 - \mu_b \cos\varphi_2).$

Положение равновесия данной системы, а именно базирование направляющих элементов по поверхности отверстия будет зависеть от величины угла между боковым и опорным направляющими элементами $\varphi_2 - \varphi_1$. Анализ данной модели показал, что совмещение оси инструмента с определенностью базирования с осью отверстия будет соблюдено тогда, когда результирующий вектор силы резания, действующий на режущую пластину, не будет выходить из угла между крайними точками положения бокового и опорного направляющих элементов. Данная система позволяет также оценить влияние кинематического возмущения, то есть влияние значений углов φ_1, φ_2 на равномерность распределения нагрузки, воспринимаемой от силы резания, возникающей на режущей пластине, боковым и опорным направляющими элементами (рис. 2, б). Расчетами, выполненными с помощью программной среды MathCAD 15, установлены значения углов φ_1, φ_2 : 1) значение угла φ_1 может варьироваться в диапазоне $45^\circ - 60^\circ$; 2) значение угла φ_2 может варьироваться в диапазоне $180^\circ - 190^\circ$. При величинах угла $60^\circ < \varphi_1 < 45^\circ$ возрастают силы, действующие на боковой и опорный направляющие элементы F_b, F_o . При величинах угла $\varphi_2 < 180^\circ$ вектор силы, действующий на боковой элемент меняет свое направление – это свидетельствует о том, что тангенциальная составляющая $F_{b\mu_b}$ будет стремиться дестабилизировать состояние равновесия инструмента, что приведет к увеличению величины эксцентриситета (рис. 2). При величинах угла $\varphi_2 > 190^\circ$ резко увеличивается нагрузка на боковой и опорном направляющих элементах, причем с увеличением на каждые последующие 10° изменяется распределение нагрузки между опорным и боковым элементами. Опорный элемент, расположенный диаметрально противоположно к режущей пластине, должен воспринимать приблизительно 85 – 90 % нагрузки, действующей на нее. Увеличение тангенциальной составляющей на боковой направляющем элементе и изменение направления вектора силы за один оборот инструмента приведет к возникновению поперечных изгибных колебаний. Поэтому актуальным является вопрос рассмотрения динамических явлений, оказывающих влияние на работоспособность инструмента при резании.

1. Дунин-Барковский И. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник. – М. Издательство стандартов, 1987. – 352 с.
2. Зайцев С. А., Куранов А. Д., Толстов А. Н. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении: начальное профессиональное образование, учебник. – М.: Академия, 2004. – 238 с.
3. Кирсанов С. В. Инструменты для обработки точных отверстий / [Кирсанов С. В., Гречишников В. А., Схиртладзе А. Г., Кокарев В. И.] – М.: Машиностроение, 2003. – 330 с.
4. Обработка глубоких отверстий / [Уткин Н.Ф., Кижняев Ю.И., Плужников С.К. и др.]; под ред. Н.Ф. Уткина. – Л.: Машиностроение, 1988. – 269 с.

Стаття прийнята до редакції 12.04.2015.